

教育用FAシステムの垂直ロボットについて

ポリテクカレッジ小山
(小山職業能力開発短期大学校)

長野 修

1. はじめに

工場の生産性を上げるためにFAシステムを取り入れる方法がある。いくつかのロボットを使用するFAシステムでは、ロボットにより生産が自動的に行えるようにそれぞれのプログラムを作成し、ロボットを制御する。

本校にある教育用FAシステムを理解し、教育訓練と能力開発セミナーに活用したい。そこでこのシステムに、ある垂直ロボットを使用しいくつかの動きを想定してプログラムを作成・実行し、垂直ロボットについてのオペレーションを理解することにした。図1は今回使用した教育用FAシステムの概観である。

2. ポジションデータの設定

プログラムを作成するには、ロボットが稼動するポジションが必要になる。そこでポジションデータの設定をした。ポジションデータを設定する方法は大きく分けると、

① ロボットのティーチングボックスで行う実機でのティーチング

② パソコンでPD命令により数値入力

以上の2つがある。そこでこの2つの中から①の「ロボットのティーチングボックスで行う実機でのティーチング」を選んだ。

②の「パソコンでPD命令により数値入力」では、

そのつど座標を入力しなければならないためロボットの姿勢が具体的にイメージできない。それに比べると①の方法は、イメージしなくてもティーチングボックスで必要なポジションまで動かすことができる。この理由で①の方法でポジションの設定をした。さらに作業を深く理解するため「3D-ロボットシミュレータ」のティーチモードを使用した。

図2は「3D-ロボットシミュレータ」ソフトである。はじめはロボットとパソコンの通信や簡単な命令コマンドを試すときなどに使用した。今回はこのあとに解説するティーチモードやプログラムを作成



図1 教育用FAシステム



図2 3D-ロボットシミュレータ

するとき使用するエディットモードを使用した。

ティーチモードとは、パソコンの画面上でロボットを操作しティーチングするものである。図3はティーチモードの画面表示である。

垂直ロボットにはX（ウエスト）、Y（ショルダ）、Z（エルボ）、P（リストピッチ）、R（リストロール）の関節部があり、ティーチモードではこの5関節を制御することができる。制御の方法もPTP、XYZの2つがあり、PTPとは各関節を角度で制御するもので、XYZは各関節を座標で制御するものである。

次にポジションデータの設定の順序について説明する。垂直ロボットのプログラムを作成するために17のポジションを設定した。ポジション1を例にして説明する。ポジション1のXYZ座標はX：350、Y：50、Z：110、P：-90、R：-13である。この座標は結果的に理解できたもので実際にロボットのハンドをこの位置にするまでシミュレーションさせながら検出した。位置が検出できたら、ポジションの設定をするティーチモード中の「P.S」に合わせリターンキーを押す。「位置番号を入力してください」と表示されるので、この場合位置番号を1としリターンキーを押すことでポジション1の設定ができる。これと同様にポジション2からポジション17を順次設定し、ポジションの設定が終了したらティーチモードの「終了」を選択する。これでプログラムに使用するポジションがすべて完了する。ポジション設定の操作手順を図4に示す。

またこのポジションをコマンドラインの画面で見たいときは、「PNT」と入力すれば、すべてのポジションが画面に表示される。図5は「PNT」入力ときの画面である。

図6は垂直ロボットの外観である。このロボットにいくつかの関節があり1から5に示したようになっている。

このロボットは5つの関節部があり、そのうちP、Rは座標系になっても同じであるが、B、S、EはそれぞれX、Y、Zとして制御している。図7、図8から得られたポジションの座標と位置を表1に示す。

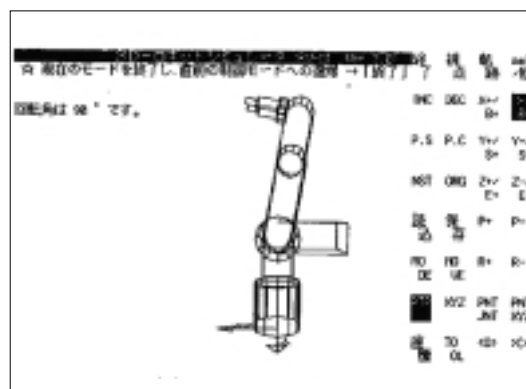


図3 ティーチモード

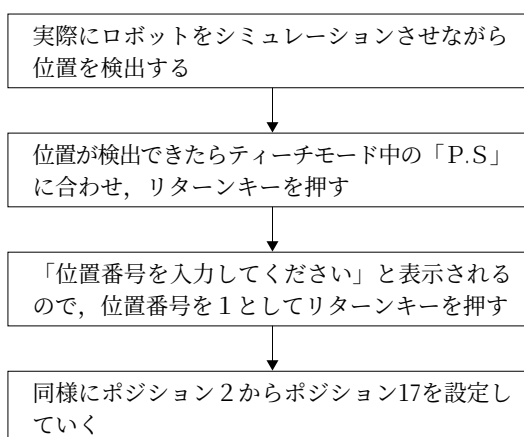


図4 ポジション設定の手順

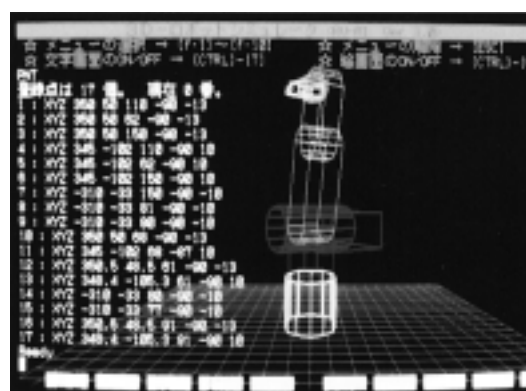


図5 「PNT」入力時の画面

3. プログラムの作成

プログラムの入力・編集は3D-シミュレータ中のエディットモードを使用する。図9はエディットモードの画面表示である。

今回は垂直ロボットのプログラム作成ということ

表1 ポジションデータの座標

	X	Y	Z	P	R
ポジション1	350.0	50.0	110.0	-90.0	-13.0
ポジション2	350.0	50.0	62.0	-90.0	-13.0
ポジション3	350.0	50.0	150.0	-90.0	-13.0
ポジション4	345.0	-102.0	110.0	-90.0	10.0
ポジション5	345.0	-102.0	62.0	-90.0	10.0
ポジション6	345.0	-102.0	150.0	-90.0	10.0
ポジション7	-310.0	-33.0	150.0	-90.0	-10.0
ポジション8	-310.0	-33.0	80.0	-90.0	-10.0
ポジション9	-310.0	-33.0	81.0	-90.0	-10.0
ポジション10	350.0	50.0	68.0	-90.0	-13.0
ポジション11	345.0	-102.0	68.0	-87.0	10.0
ポジション12	350.5	48.5	61.0	-90.0	-13.0
ポジション13	348.4	-105.3	61.0	-90.0	10.0
ポジション14	-310.0	-33.0	80.0	-90.0	-10.0
ポジション15	-310.0	-33.0	77.0	-90.0	-10.0
ポジション16	350.5	48.5	91.0	-90.0	-13.0
ポジション17	348.4	-105.3	91.0	-90.0	10.0

で、垂直ロボットの主な働きをプログラムにした。
主な働きを次に示す。

・プログラム 1

ワーク（大）をパレットチェンジャからシャルコンに供給する。

・プログラム 2

ワーク（小）をパレットチェンジャからシャルコンに供給する。

・プログラム 3

ワーク（大）をシャルコンからパレットチェンジャに供給し、ワーク（小）をシャルコンからパレットチェンジャ上にあるワーク（大）に組み立てる。

これが垂直ロボットの主な働きである。プログラム 1 の説明をする。

3.1 プログラム1

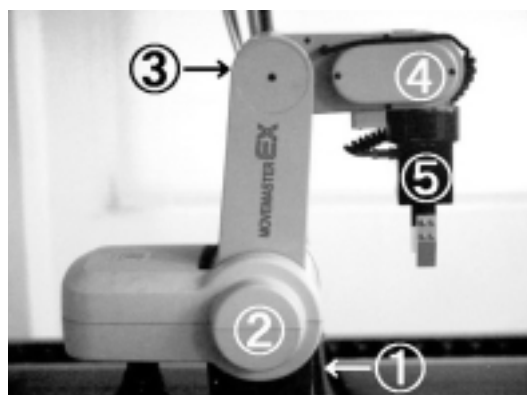
ワーク（大）をパレットチェンジャからシャルコンに供給するプログラム。

これがプログラム 1 ののである。プログラムの作成

```

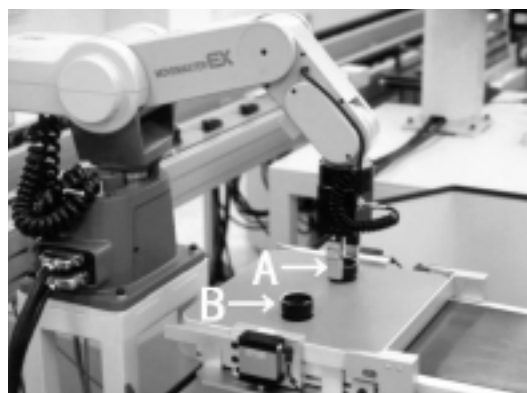
10 NT      ; 原点出し
20 SP 5    ; スピードを5に設定
30 MO 1,0  ; ポジション1にハンドを開いて移動
40 MO 2,0  ; ポジション2にハンドを開いて移動
50 TI 10   ; 1秒間動作を停止
60 GC      ; ハンドを閉じる
70 TI 10   ; 1秒間動作を停止

```



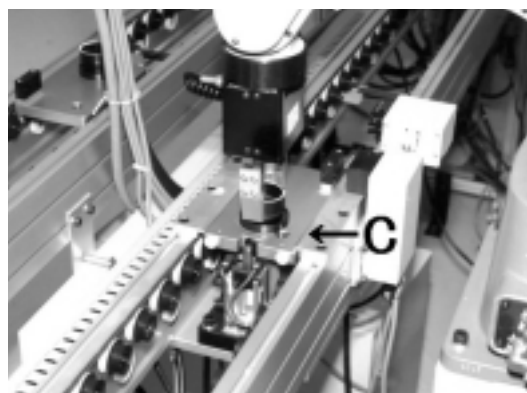
名称	座標系
①：ウエスト B	X
②：ショルダ S	Y
③：エルボ E	Z
④：リストピッチ P	P
⑤：リストロール R	R

図6 垂直ロボットの関節部



A：パレット上（パソコン側から向かって右）
ポジション1,2,3,10,12,16
B：パレット上（パソコン側から向かって左）
ポジション4,5,6,11,13,17

図7 ポジションデータの位置



C：シャルコン上 ポジション7,8,9,14,15

図8 ポジションデータの位置

ワークをパレットチェンジャ上でつかんでいる状態である。

```
80 MO 3,C ; ポジション3にハンドを閉じて移動
90 MO 7,C ; ポジション7にハンドを閉じて移動
100 MO 8,C ; ポジション8にハンドを閉じて移動
110 TI 10 ; 1秒間動作を停止
120 GO ; ハンドを開く
130 TI 10 ; 1秒間動作を停止
```

つかんだワークをシャルコンに乗せた状態である。

```
140 MO 7,O ; ポジション7にハンドを開いて移動
150 MO 4,O ; ポジション4にハンドを開いて移動
160 MO 5,O ; ポジション5にハンドを開いて移動
170 TI 10 ; 1秒間動作を停止
180 GC ; ハンドを閉じる
190 TI 10 ; 1秒間動作を停止
```

ワークをパレットチェンジャ上でつかんでいる状態である。

```
200 MO 6,C ; ポジション6にハンドを閉じて移動
210 MO 7,C ; ポジション7にハンドを閉じて移動
220 MO 8,C ; ポジション8にハンドを閉じて移動
230 TI 10 ; 1秒間動作を停止
240 GO ; ハンドを開く
250 TI 10 ; 1秒間動作を停止
```

つかんだワークをシャルコンに乗せた状態である。

```
260 MO 7,O ; ポジション7にハンドを開いて移動
270 NT ; 原点に戻る
280 ED ; プログラムの終了
```

プログラムが終了した状態である。

が終了したら、エディタの編集画面も終了させるため「CTRL」&「Z」を押す。次に「E(nd)or Q(uit)」とメッセージがあらわれる。ここで入力したプログラムを定義してエディタを終了するため「E」と入力する。これで再びコマンドラインに戻る。また「Q」を入力すればプログラムは未定義のまま編集を終了する。図10は今回使用したワークの形状である。

コマンドラインの画面でプログラムを見たいとき

```
>10 NT
>20 SP 7
>30 MO 8,0
>40 GC
>50 MO 9,C
>60 GO
>70 ED
>.....
>.....
>.....
>.....
Exit: E(nd) or Q(uit)?
```

図9 エディットモード

は「LIST」と入力すれば定義したプログラムの全リストが画面に表示される。図11は「LIST」入力時の画面である。またファンクションメニューから同じようにプログラムが表示できる。

次に、今回作成したプログラム2、プログラム3を以下に示す。

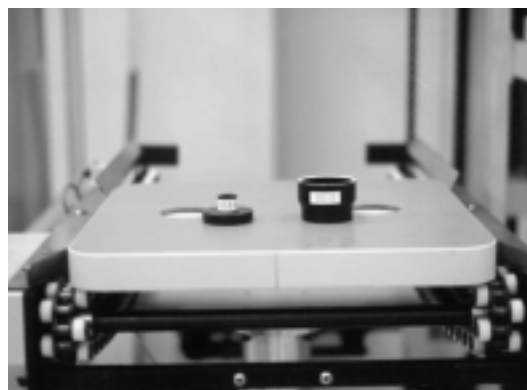


図10 ワークの形状

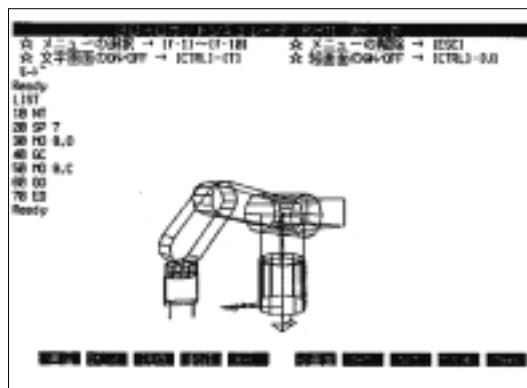


図11 「LIST」入力時の画面

3.2 プログラム2

ワーク（小）をパレットチェンジャからシャルコンに供給するプログラム。

3.3 プログラム3

10 NT	150 MO 6,O
20 SP 5	160 MO 13,O
30 MO 3,O	170 TI 10
40 MO 12,O	180 GC
50 TI 10	190 TI 10
60 GC	200 MO 6,C
70 TI 10	210 MO 7,C
80 MO 3,C	220 MO 14,C
90 MO 7,C	230 TI 10

100 MO 14,C	240 GO
110 TI 10	250 TI 10
120 GO	260 MO 7,O
130 TI 10	270 NT
140 MO 7,O	280 ED

ワーク（大）をシャルコンからパレットチェンジャに供給して、ワーク（小）をシャルコンからパレットチェンジャ上にあるワーク（大）に組み立てるプログラム

10 NT	290 MO 7,O
20 SP 5	300 MO 15,O
30 MO 7,O	310 TI 10
40 MO 9,O	320 GC
50 TI 10	330 TI 10
60 GC	340 MO 7,C
70 TI 10	350 MO 3,C
80 MO 7,C	360 MO 16,C
90 MO 3,C	370 TI 10
100 MO 10,C	380 GO
110 TI 10	390 TI 10
120 GO	400 MO 3,O
130 TI 10	410 GO
140 MO 3,O	420 MO 7,O
150 GO	430 MO 15,O
160 MO 7,O	440 TI 10
170 MO 9,O	450 GC
180 TI 10	460 TI 10
190 GC	470 MO 7,C
200 TI 10	480 MO 6,C
210 MO 7,C	490 MO 17,C
220 MO 6,C	500 TI 10
230 MO 11,C	510 GO
240 TI 10	520 TI 10
250 GO	530 MO 6,O
260 TI 10	540 GO
270 MO 6,O	550 NT
280 GO	560 ED

4. プログラムの実行

パソコンにより作成されたプログラムを実行させるには、初期状態のロボットのメモリにはプログラムが存在しないので、パソコンから作成したプログラムをロボットに転送する必要がある。このときポジションデータも同様に転送する必要がある。2回目以降にプログラムを転送するには、すでにロボットのメモリ内にある不要なプログラムを消去して新

しく作成したプログラムと書き換える必要がある。まずファンクションメニューのロボット（f2）を選択すると、図12のようにメニュー画面が表示される。その中のプログラム書き換え（DL+

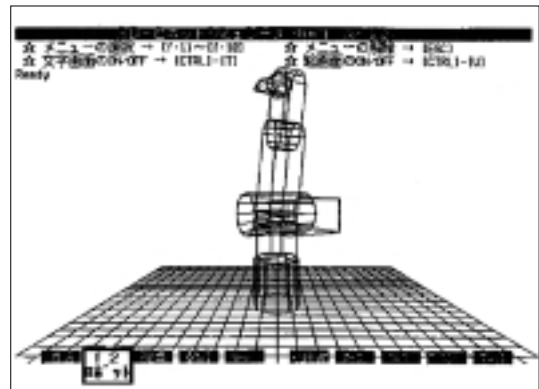


図12 ファンクションメニュー（ロボット）

DOWNLOAD）を選ぶと、ロボットのRAM上のプログラムを消去するか「Y/N」と聞いてくる。ここで「Y」とする。次にプログラムをロボットのRAMに転送する。ここでも「Y/N」と聞かれるので「Y」とする。これでロボットのメモリ内にプログラムが転送されたことになる。この作業によりメモリ内にはプログラムとポジションの2種類のデータが書き込まれる。

ロボットの実行命令はRNなので、パソコンからRNと入力しロボットの運転が開始される。また図13のようにファンクションメニューの動作（f4）を選択し、ロボットの実行（RN）を選ぶことにより、ロボットを実行させることもできる。

実行中にピーという音が鳴りドライブユニットの

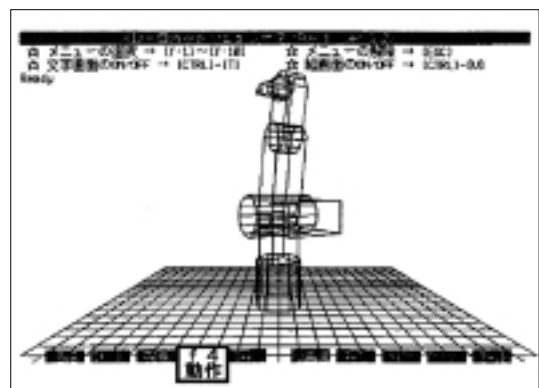


図13 ファンクションメニュー（動作）

エラーランプが点灯したら、エラーが発生したことを意味する。エラーを解除するためにはドライブユニットの「RESET」スイッチを押すか、パソコンからRS命令を入力することによって解除される。さらにプログラムやポジションデータを保存するときは、図14のようにファンクションメニューの動作(f 10)を選択し、プログラムファイル書き込み(SAVE)でプログラムを保存する。同様にポジションデータを保存するときは、登録点ファイル書き込み(PSAVE)で保存する。次回にこのデータを使用したいときには、プログラムファイル読み込み(PLOAD)で読み込む。これらにのメニューは、コマンドを入力することで保存や読み込みをすることができる。

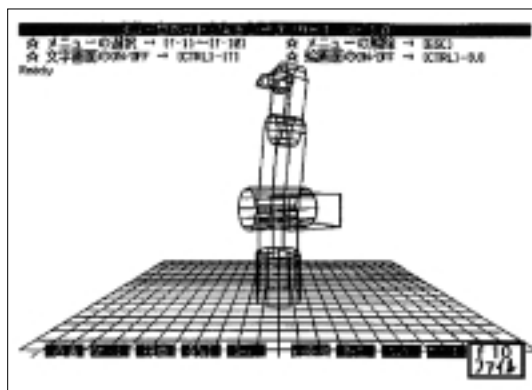


図14 ファンクションメニュー (ファイル)

5. ま と め

作業を始めたころはFAシステムや垂直ロボットについてわからないことがあった。そこで操作手順を、マニュアルの例を読み、できるだけマニュアルと同様に進めた。次に実際にロボットを動かしてみようと思い「3D-ロボットシミュレータ」ソフトを使ってパソコンとロボットの通信を行った。しかし実際に行ってみると通信はされずパソコンは通信不能となっていた。なぜ通信がされないのか、ロボット、ドライブユニット、ティーチングボックス、FAパソコンなど、垂直ロボットに関連するものをすべて調べてみたがなかなか原因がわからなかった。何度もマニュアルを読み直しているうちに、ド

ライブユニット側面にあるST1（制御モードスイッチ）とST2（電源投入ときのEPROM→RAM転送スイッチ）の位置に問題があることがわかった。このスイッチは上下に動くようになっていたが、通信させようとしていたときには両方のスイッチとも上に向いていた。そこでST1を下にしてみると通信が可能となった。

原因がわかってしまえば簡単なことだったが、ロボットなど関連する装置についての知識不足によりこの作業に多くの時間を費やしてしまった。しかしこの作業を行ったことで、ロボット、ドライブユニット、ティーチングボックス、FAパソコンなど垂直ロボットについてのオペレーションを熟知することができた。

またポジションデータの設定にも多くの時間を費やした。ポジションデータの設定では、作業を深く理解するため「3D-ロボットシミュレータ」中のティーチモードを使用し、このティーチモードではロボットをシミュレーションさせたあと、その座標をメイン画面に戻して入力しなければならなかったので多くの時間と根気を必要とし、作業時間の大半を使うほど大変な作業だった。しかしこの作業で「3D-ロボットシミュレータ」ソフトも理解することができた。

垂直ロボットのプログラムの作成・実行をすることができ、目標を達成できた。プログラムの作成を通してFAパソコンとロボットの関係やプログラム作成の手順など、多くの知識を習得することができ教育用FAシステム全体の概要も知ることができた。

おわりに本報告書の執筆にあたり、卒業研究生の飯島くん、井浦くんの協力をここに表します。

〈参考文献〉

- 1) 長野 修：「教育用FAシステムのネットワークについて」、小山短大紀要、第12号。
- 2) (株)三菱電気：MOVEMASTER取扱説明書。
- 3) ユニー株式会社：3D-ロボットシミュレータリファレンスマニュアル。